

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Wilhelm STEIN et al.

Serial No.: 10/749,433

Filed: December 31, 2003

For: Opto-electronic Component with
Radiation-Transmissive Electrical Contact
Layer



Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of the foreign application on which the claim of priority is based: Application No. 102 61 675.2, filed on December 31, 2002, in Germany.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Thomas Langer", written over a horizontal line.

Thomas Langer
Reg. No. 27,264
551 Fifth Avenue, Suite 1210
New York, New York 10176
(212) 687-2770

Dated: August 26, 2004



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 61 675.2

Anmeldetag:

31. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

Osram Opto Semiconductors GmbH,
Regensburg/DE

Bezeichnung:

Optoelektronisches Bauelement mit strahlungs-
durchlässiger elektrischer Kontaktschicht

IPC:

H 01 L 33/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**CERTIFIED COPY OF
SECURITY DOCUMENT**

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Optoelektronisches Bauelement mit strahlungsdurchlässiger elektrischer Kontaktschicht

5

10

Die Erfindung bezieht sich auf ein optoelektronisches Bauelement mit einer epitaktischen Halbleiterschichtenfolge, die eine elektromagnetische Strahlung aussendende aktive Zone aufweist, und einem elektrischen Kontaktbereich, welche eine strahlungsdurchlässige, ZnO enthaltende elektrische Kontaktschicht umfasst.

15

Optoelektronische Bauelemente mit ZnO-haltigen, strahlungsdurchlässigen elektrischen Kontaktschichten sind beispielsweise in Form von Leuchtdioden aus den Druckschriften JP 2000-353820 und US 6,207,972 bekannt. In den darin beschriebenen Ausgestaltungen elektrischer Kontaktbereiche ist ein Großteil von äußeren Flächen der Kontaktschichten jeweils frei und somit direkt von außen beeinflussbar.

20

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein optoelektronisches Bauelement der eingangs genannten Art zu entwickeln, bei dem elektrische Kontaktschichten besser vor äußeren Einflüssen geschützt sind.

25

Diese Aufgabe wird durch ein Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Ansprüche 2 bis 8 geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung an.

30

35

Gemäß der Erfindung weist ein optoelektronisches Bauelement der eingangs genannten Art mindestens einen elektrischen Kontaktbereich auf, der mindestens eine strahlungsdurchlässige ZnO enthaltende elektrische Kontaktschicht aufweist, die mit einer äußeren Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden ist. Unter außenliegenden Halbleiterschichten sind im Folgenden Halbleiterschichten einer Halbleiterschichtenfolge zu verstehen, denen auf einer Seite keine weiteren Halbleiter-

schichten nachgeordnet sind. Die Kontaktschicht ist derart mit wasserdichtem Material versehen, dass sie hinreichend vor Feuchtigkeit geschützt ist.

5 Der Einfluß von Feuchtigkeit kann zu einer deutlichen Verschlechterung der Kontakteigenschaften der Kontaktschicht zur äußeren Halbleiterschicht führen und wird durch die Erfindung weitestgehend vermieden.

10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform des optoelektronischen Bauelements ist auf freien Flächen der Kontaktschicht wasserdichtes Material aufgebracht. Unter freien Flächen sind dies-
bezüglich Flächen der Kontaktschicht zu verstehen, auf denen
keine weiteren wasserdichten Schichten, wie beispielsweise
15 ein Bondpad, das sich auf der Kontaktschicht oder in einem Fenster der Kontaktschicht befinden kann, aufgebracht sind.

Besonders bevorzugt ist auf sämtliche freie Flächen der Kontaktschicht wasserdichtes Material aufgebracht.

20

Vorteilbringend ist das wasserdichte Material ein für eine von dem optoelektronischen Bauelement ausgesandte elektromagnetische Strahlung transparentes Dielektrikum. Bevorzugt weist dieses Dielektrikum einen oder mehrere der Stoffe aus
25 der Gruppe bestehend aus Si_xN_y , SiO , SiO_2 und Al_2O_3 auf.

Der Brechungsindex des wasserdichten Materials ist mit besonderem Vorteil kleiner als der Brechungsindex der Kontaktschicht. Insbesondere ist der Brechungsindex des wasserdichten Materials derart angepaßt, dass Reflexionen der von dem
30 optoelektronischen Bauelement ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zum wasserdichten Material weitestgehend minimiert sind.

35 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist die elektrische Kontaktschicht eine Dicke auf, welche etwa einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellenlänge einer

von dem optoelektronischen Bauelement ausgesandten Strahlung entspricht. Zudem weist hierbei das wasserdichte Material eine Dicke auf, die etwa einem Viertel dieser Wellenlänge entspricht. Durch die Wahl und Kombination solcher Dicken werden
5 Reflexionen der ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zur Kontaktschicht und zum wasserabweisenden Material des optoelektronischen Bauelements verringert.

Die Dicke des wasserdichten Materials beträgt bevorzugt etwa
10 50 bis 200 nm, einschließlich der Grenzen dieses Bereichs.

Weitere Vorteile und bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus dem nachfolgend in Verbindung mit Figur 1 erläuterten Ausführungsbeispiel.

15

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Schnittansicht des Ausführungsbeispiels.

Das in Figur 1 dargestellte optoelektronische Bauelement ist
20 ein Leuchtdioden-Chip, der ein Substrat 1 und eine Halbleiterschichtenfolge 6 umfasst. Die Halbleiterschichtenfolge 6 weist eine Strahlung emittierende aktive Zone 3, die zwischen einer vom Substrat gesehen vorgeordneten Halbleiterschicht 2 und einer vom Substrat gesehen nachgeordneten Halbleiterschicht 4 angeordnet ist, sowie eine äußere Halbleiterschicht
25 5 auf, die auf der vom Substrat abgewandten Seite der aktiven Zone 3 angeordnet ist. Die Halbleiterschichten 2 und 4 sowie die äußere Halbleiterschicht 5 können jeweils aus einer einzelnen Halbleiterschicht bestehen oder eine Schichtfolge aus
30 einer Mehrzahl von Halbleiterschichten aufweisen.

Die aktive Zone 3 weist beispielsweise einen strahlungserzeugenden pn-Übergang oder eine Einfach- oder Mehrfach-Quantenstruktur auf. Solche Strukturen sind dem Fachmann bekannt und werden von daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Eine geeignete Mehrfach-Quantenstruktur ist bei-

35

spielsweise in der WO 01/39282 A2 beschrieben, deren Inhalt insofern durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die nachgeordnete Halbleiterschicht 4 und die äußere Halbleiterschicht 5 haben einen relativ hohen elektrischen Schichtwiderstand, der für jede Schicht größer als $200 \Omega\text{cm}^2$ ist. Die äußere Halbleiterschicht 5 besteht beispielsweise aus $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$, das z.B. mittels des Dotierstoffes C oder Zn mit der Konzentration von etwa $5 \cdot 10^{18}$ p-leitend dotiert ist.

10

Auf der Oberfläche der äußeren Halbleiterschicht ist ein elektrischer Kontaktbereich 10 aufgebracht, der eine elektrische Kontaktschicht 7 mit einem Fenster aufweist, in welches ein Bondpad 9 aufgebracht ist. Die Kontaktschicht 7 besteht beispielsweise aus $\text{Al}_{0,02}\text{Zn}_{0,98}\text{O}$ und hat eine Dicke von beispielsweise 500 nm. Das Bondpad 9 weist beispielsweise mindestens ein geeignetes Metall auf und wird derart auf die äußere Halbleiterschicht 5 aufgebracht, dass sich zu dieser z.B. ein Schottky-Kontakt ausbildet, dessen Potentialbarriere sich bei Anlegen einer Spannung an den Leuchtdioden-Chip in Betriebsrichtung vergrößert, wodurch ein Ladungstransport durch die Grenzfläche zwischen der äußeren Halbleiterschicht 5 und dem Bondpad 9 weitestmöglich reduziert wird.

20

25

Die Kontaktschicht 7 kann beispielsweise mittels Sputtern aufgebracht werden. Zum Erreichen der spezifischen Eigenschaften muss die Kontaktschicht nachfolgend kurz getempert werden, was z.B. mittels Rapid-Thermal-Annealing bei einer Temperatur von größer als oder gleich 450°C geschehen kann.

30

Der Schichtwiderstand der Kontaktschicht 7 beträgt z.B. $16 \Omega\text{cm}^2$, wodurch gewährleistet ist dass der Strom weitestgehend gleichmäßig über die gesamte Grenzfläche zwischen Kontaktschicht und äußere Halbleiterschicht 5 in den Leuchtdioden-Chip injiziert wird.

35

Die Kontaktschicht 7 ist mit einer Schicht aus wasserdichtem Material 8 bedeckt, wodurch sie weitestgehend vor Feuchtigkeit geschützt ist. Das wasserdichte Material 8 weist z.B. SiO_2 auf und ist für die von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandte Strahlung transparent. Es hat eine Dicke von beispielsweise 100 nm und kann z.B. durch Sputtern aufgebracht werden.

Alternativ zu dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel können z.B. auch die Seitenflanken der Kontaktschicht 7 oder weitere Flächen des Leuchtdioden-Chips mit wasserdichtem Material bedeckt sein. Für den Fall, dass die Kontaktschicht 7 mit einem wasserdurchlässigen Material bedeckt ist, kann das wasserdichte Material auf diesem aufgebracht sein. Wichtig ist, dass die Kontaktschicht durch wasserdichtes Material weitestgehend vor Feuchtigkeit geschützt ist.

Um innere Reflexion an Grenzflächen zu vermeiden, kann die Dicke der Kontaktschicht 7 derart angepasst sein, dass sie bei einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellenlänge der von dem Leuchtdioden-Chip ausgesandten Strahlung entspricht und die Dicke des wasserdichten Materials 8 derart, dass sie etwa einem Viertel dieser Strahlung entspricht.

Als Alternative zu dem in Figur 1 dargestellten Bauteil kann die elektrische Kontaktschicht 7 durchgehend und das Bondpad 9 auf dieser aufgebracht sein.

Desweiteren kann ein optoelektronisches Bauteil auch mehrere elektrische Kontaktbereiche mit jeweils einer Kontaktschicht oder mehreren Kontaktschichten aufweisen. In so einem Fall ist es nicht zwingend erforderlich, dass alle Kontaktschichten mit wasserdichtem Material versehen sind, sondern es können auch Kontaktschichten von diesem frei bleiben. Beispielsweise kann dies bei Kontaktschichten zweckmäßig sein, die nicht mit Feuchtigkeit in Kontakt kommen oder die anderweitig vor wasserhaltiger Umgebung geschützt sind. Es ist jedoch

ebenso möglich, dass alle Kontaktschichten mit wasserdichtem Material bedeckt sind.

Die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung auf diese anzusehen. Vielmehr fallen sämtliche optoelektronischen Bauteile in den Bereich der Erfindung, die eine Kontaktschicht auf der Basis von ZnO aufweisen, die wiederum mit einer wasserdichten Schicht versehen ist.

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement mit epitaktischer Halbleiterschichtenfolge, die eine elektromagnetische Strahlung
5 emittierende aktive Zone aufweist, und mindestens einem elektrischen Kontaktbereich, der mindestens eine strahlungsdurchlässige, ZnO enthaltende elektrische Kontaktschicht aufweist, die mit einer äußeren Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden ist
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t
dass die Kontaktschicht derart mit wasserdichtem Material versehen ist, dass sie hinreichend vor Feuchtigkeit geschützt ist.
- 15 2. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass auf freie Flächen der Kontaktschicht wasserdichtes Material aufgebracht ist.
- 20 3. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass auf sämtliche freie Flächen der Kontaktschicht wasserdichtes Material aufgebracht ist.
- 25 4. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das wasserdichte Material ein für eine von dem Bauelement ausgesandte elektromagnetische Strahlung transparentes
30 Dielektrikum ist.
5. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
35 dass das Dielektrikum einen oder mehrere der Stoffe Si_xN_y , SiO , SiO_2 , Al_2O_3 aufweist.

6. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

5 dass der Brechungsindex des wasserdichten Materials kleiner als der Brechungsindex der Kontaktschicht ist und er insbesondere für eine Minimierung von Reflexionen der von dem Bauelement ausgesandten Strahlung an Grenzflächen zum wasserdichten Material weitestgehend angepasst ist.

10 7. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

15 dass die Kontaktschicht eine Dicke aufweist, die etwa einem ganzzahligen Vielfachen von der Hälfte der Wellenlänge einer von dem Bauelement ausgesandten Strahlung entspricht, und dass das wasserdichte Material eine Dicke aufweist, die etwa einem Viertel dieser Wellenlänge entspricht.

20 8. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Dicke des wasserdichten Materials etwa 50 bis 200 nm beträgt, einschließlich der Grenzen.

Zusammenfassung

Optoelektronisches Bauelement mit strahlungsdurchlässiger elektrischer Kontaktschicht

5

Optoelektronisches Bauelement mit epitaktischer Halbleiterschichtenfolge, die eine elektromagnetische Strahlung emittierende aktive Zone aufweist, und mindestens einem elektrischen Kontaktbereich, der mindestens eine strahlungsdurchlässige, ZnO enthaltende elektrische Kontaktschicht aufweist, die mit einer äußeren Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden ist. Die Kontaktschicht ist derart mit wasserdichtem Material versehen, dass sie weitestgehend vor Feuchtigkeit geschützt ist.

10

15

Fig. 1

Fig 1

